

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-149054

(43)Date of publication of application : 02.06.1999

---

(51)Int.Cl.

G02B 26/10

---

(21)Application number : 09-315128

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 17.11.1997

(72)Inventor : ATSUMI HIROMICHI

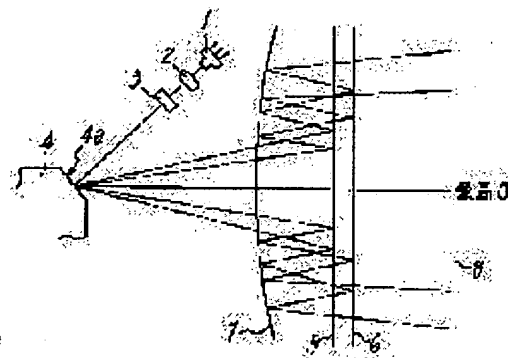
---

## (54) OPTICAL SCANNING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively compensate a plane tilt and to excellently compensate the curvature of field and a constant velocity characteristic in the main/sub-scanning directions in a multiple reflection type optical scanning device.

**SOLUTION:** In an optical scanning device forming the image of a light beam from a light source side as a line image being long in the direction corresponding to main scanning, deflecting it by a light deflector having deflection/reflection surface in the vicinity of the image forming position of the line image, converging the deflected light beam on a surface to be scanned as a light spot by a scanning/image forming optical system having the reflection/ image forming property and optically scanning the surface to be scanned; the scanning/image forming optical system having the reflection/image forming property comprises an image forming mirror 7 having image forming function in the directions corresponding to main/sub-scanning and one and more plane mirrors 5, 6 having a reflection surface confronting the reflection surface of the image forming mirror 7 and the bent of a scanning line is compensated by multiply reflecting the deflected light beam between the plane mirror and the image forming mirror. The image forming mirror has the shape of reflection surface so that the shape of reflection surface in the sub-scanning cross section is circular-arcuate, the shape of reflection surface in the plane including the optical axis of the image forming mirror and orthogonal to the sub-scanning cross section is non-circular-arc shape and the central connecting line connecting the centers of curvature of circular-arcuate shape is nonlinear.



\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to light-scanning equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In light-scanning equipment, using "an image formation mirror with an image formation operation" for the scan image formation optical system which makes the deviation flux of light condense as an optical spot on a scan layer-ed is proposed (JP,1-200219,A etc.). When using such an image formation mirror, it being necessary to make it the deviation flux of light reflected by the image formation mirror not return to an optical deflector side, and leaning the optical axis (symmetry axis of a reflector) of an image formation mirror to the direction of incidence of the deviation flux of light from an optical deflector side, since it is this purpose is performed.

[0003] If it does in this way, it is known that the "scanning-line deflection" which is the deflection of the locus of the optical spot on a scan layer-ed will arise. After arranging another reflecting mirror as an approach of amending scanning-line deflection as a reflector is made to counter an image formation mirror, and making reflection of the deviation flux of light repeat between this reflecting mirror and an image formation mirror, the light-scanning equipment of the "multiple echo" method which carries out incidence to a scan layer-ed is proposed (JP,64-78214,A).

[0004] As mentioned above, if the multiple echo of the deviation flux of light is carried out between an image formation mirror and a reflecting mirror and it is made to carry out light scanning of the scan layer-ed, the deviation flux of light is "mutual reflection of the deviation flux of light" by the image formation mirror, and can make it possible to offset mutually the scanning-line deflection inclination for every reflection substantially, although multiple-times reflection is carried out by the image formation mirror.

[0005] However, in invention given [ above-mentioned ] in an official report, since there is "no field failure amendment function of an optical deflector" in scan image formation optical system, it is necessary to use the rotating polygon which amended the parallelism of a deviation reflector and a revolving shaft with high precision, the cost of a rotating polygon becomes high, and the cost of light-scanning equipment costs dearly as a result.

[0006] Moreover, effective amendment of the failure by the above-mentioned field is also important, and it is important [ in order to carry out good light scanning with light-scanning equipment, it is also important that scanning-line deflection is amended good, but ] that the curvature of field is amended for the Lord and the direction of vertical scanning good, that uniform properties, such as ftheta property, are good, etc. so that the diameter of a spot of an optical spot may not be changed with image quantity.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] if this invention is possible in the light-scanning equipment of the above-mentioned multiple echo method in good amendment of the curvature of field of the Lord and the direction of vertical scanning, or a uniform property while it amends the failure by the field effectively -- carrying out -- \*\*\*\* -- let things be technical problems.

[0008]

[Means for Solving the Problem] "The light-scanning equipment of this invention The image formation of the flux of light from a light source side is made to carry out in the direction (direction which corresponds with a main scanning direction on the optical path from the light source to a scan layer-ed) corresponding to

horizontal scanning as a long line image. It is light-scanning equipment which is deflected by the optical deflector which has a deviation reflector near the image formation location of a line image, is made to condense the deviation flux of light as an optical spot on a scan layer-ed according to the scan image formation optical system of reflective image formation nature, and performs light scanning of a scan layer-ed. The image formation mirror to which the scan image formation optical system of reflective image formation nature has an image formation function in the direction (direction corresponding to the direction of vertical scanning in the optical-path top from the light source to a scan layer-ed) corresponding to the Lord and vertical scanning, It has one or more plane mirrors which have the reflector which counters the reflector of this image formation mirror, and by carrying out the multiple echo of the deviation flux of light between one or more plane mirrors and an image formation mirror, it is what amended scanning-line deflection", and is characterized by the following points (claim 1). That is, the reflector configuration within the field where the reflector configuration in a vertical-scanning cross section is a radii configuration, and intersects perpendicularly with a vertical-scanning cross section including the optical axis of an image formation mirror is a non-radii configuration, and the "image formation mirror" in the scan image formation optical system of reflective image formation nature has a reflector configuration which is nonlinear. A "vertical-scanning cross section" is "a plane section which intersects perpendicularly in the direction corresponding to horizontal scanning" [ near the reflector of an image formation mirror ].

[0009] Thus, with this light-scanning equipment, image formation of the flux of light from a light source side is carried out to a line image long in the direction corresponding to horizontal scanning near the deviation reflector of an optical deflector, and scan image formation optical system has the function to carry out image formation of the optical spot to a scan layer-ed by making this line image into the object point, about the direction corresponding to vertical scanning, therefore this light-scanning equipment has the function which amends the failure by the field of an optical deflector. Moreover, since it is constituted by an image formation mirror and one or more plane mirrors and there is no image formation operation in a plane mirror, an image formation mirror needs to have an image formation function in the direction corresponding to the Lord and vertical scanning, and "scan image formation optical system" carries out image formation of the optical spot according to an image formation operation of an image formation mirror. Therefore, an image formation mirror is an anamorphic image formation system from which the power of the direction corresponding to horizontal scanning and the power of the direction corresponding to vertical scanning differ.

[0010] When the plane mirror which makes scan image formation optical system with an image formation mirror is used two or more (it considers as plane mirrors A and B etc. for convenience), reflection may be made to be repeated between one specific plane mirror A and image formation mirror, and, as for the multiple echo of the deviation flux of light, reflection may be made to be repeated between plane mirrors A and B and an image formation mirror. Although multiple-times reflection of the deviation flux of light will be carried out by the image formation mirror in the case of a multiple echo, 2 times is sufficient as "the count of reflection of the deviation flux of light by the image formation mirror", and 3 times or more are sufficient as it.

[0011] "The reflector of an image formation mirror The configuration within the field where the configuration in a vertical-scanning cross section is a radii configuration, and intersects perpendicularly with a vertical-scanning cross section including the optical axis of an image formation mirror is a non-radii configuration. By that nonlinear", the main connection line put in a row (in direction corresponding to horizontal scanning) the center of curvature of the above-mentioned radii configuration By optimizing the above-mentioned non-radii configuration, the curvature of field and uniform property of a main scanning direction can be amended good, and optimization of the configuration of a main connection line enables it to perform the curvature of field of the direction of vertical scanning, and amendment of scanning-line deflection good.

[0012] as for one or more plane mirrors to which the multiple echo of the deviation flux of light is carried out between image formation mirrors, "one or more reflectors being formed in the same transparent body, and the part which is not a reflector making the light transmission section" -- it can constitute like (claim 2). In this case, the transparent body in which one or more reflectors were formed can be used as "the protection-against-dust glass of housing of light-scanning equipment" (claim 3). By using the plane mirror of scan image formation optical system also [ glass / protection-against-dust ], the components mark of light-

scanning equipment can be reduced and-izing of the cost of light-scanning equipment can be carried out [ \*\*\*\* ]. Although it is reflected by this plane mirror and may be made to carry out incidence of it to an image formation mirror after carrying out incidence of the deviation flux of light deflected by the optical deflector to a plane mirror first, it is good as for how the deviation flux of light deflected by the optical deflector "carries out incidence to an image formation mirror first" (claim 4). thus, the deviation flux of light -- the beginning -- the incidence of an image formation mirror -- if it is made to carry out, since the large separation angle of incoming beams and a reflected light bundle can be taken, the degree of freedom of the layout of optical system becomes large.

[0013] In invention according to claim 4, it can constitute so that the deviation flux of light which considered as the reflector of 1 formed in some protection-against-dust glass of housing of light-scanning equipment, was reflected in this reflector, and was reflected by the image formation mirror may inject from housing the plane mirror to which the multiple echo of the deviation flux of light is carried out between image formation mirrors through the area pellucida of protection-against-dust glass (claim 5). Less than [ of the Lord and the direction of vertical scanning / curvature-of-field:3mm ], less than [ scanning-line deflection:0.03mm ], uniform-velocity nature: The reflector configuration of optical arrangement and an image formation mirror can be defined so that 1% or less may be attained (claim 6). [ in / on light-scanning equipment given in 1 of the arbitration of above-mentioned claims 1-5 and / the image formation of an optical spot ]

[0014]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows one gestalt of operation of light-scanning equipment according to claim 1 in explanatory view. Coupling of the divergence flux of light emitted from the light source 1 which is semiconductor laser is carried out to future optical system with the coupling lens 2. The coupling lens 2 weakens the divergence of the flux of light from the light source 1, and makes it "the flux of light of weak divergence or weak focusing nature", or the "parallel flux of light."

[0015] By passing "the aperture which is not illustrated", the periphery of the flux of light is intercepted, "beam plastic surgery" is carried out to a suitable flux of light cross-section configuration, and subsequently to the direction (direction which intersects perpendicularly with a drawing) corresponding to vertical scanning, the flux of light which penetrated the coupling lens 2 converges with the cylinder lens 3, and carries out image formation as "a line image long in the direction corresponding to horizontal scanning" near the deviation reflector 4a of the rotating polygon 4 as an "optical deflector." It can also substitute for the cylinder lens 3 by "concave cylinder \*\*\*\*", and an optical deflector can be replaced with a rotating polygon 4, and can also use "the 2nd page mirror of rotation."

[0016] By uniform rotation of a rotating polygon 4, the flux of light reflected by deviation reflector 4a of a rotating polygon 4 turns into the deviation flux of light deflected in constant angular velocity, and carries out incidence to "the scan image formation optical system of reflective image formation nature." In the gestalt of this operation, the scan image formation optical system of reflective image formation nature consists of two plane mirrors 5 and 6 and the image formation mirrors 7. Incidence of the deviation flux of light is first carried out to a plane mirror 5, and if reflected by the plane mirror 5, incidence of it will be carried out to the image formation mirror 7. And if incidence will be carried out to a plane mirror 6, and it will be reflected, if reflected by the image formation mirror 7, and it is again reflected by the image formation mirror 7 by return and the image formation mirror 7, it will condense as an optical spot in the scan layer 8-ed, and light scanning of the scan layer 8-ed will be carried out. In addition, the sensitization side of "the photo conductor of a photoconductivity" is usually arranged in the location of the scan layer 8-ed, and an optical spot carries out light scanning of the photo conductor optically.

[0017] Namely, the gestalt of operation shown in drawing 1 makes the image formation of the flux of light from a light source side carry out in the direction corresponding to horizontal scanning as a long line image. It is made to deviate by the optical deflector 4 which has deviation reflector 4a near the image formation location of a line image. The deviation flux of light according to the scan image formation optical system 5, 6, and 7 of reflective image formation nature It is light-scanning equipment which is made to condense as an optical spot on the scan layer 8-ed, and performs light scanning of the scan layer 8-ed. "The scan image formation optical system of reflective image formation nature" It has one or more plane mirrors 5 and 6 which have the reflector which counters the reflector of the image formation mirror 7 which has an image formation function in the direction corresponding to the Lord and vertical scanning, and the image formation mirror 7. "The multiple echo (reflection is repeated between plane mirrors 5 and 6 and the image formation

mirror 7)" of the deviation flux of light is carried out between plane mirrors 5 and 6 and the image formation mirror 7.

[0018] Drawing 2 shows the condition of having seen the "part after a rotating polygon 4" in the gestalt of operation of drawing 1 from the direction corresponding to horizontal scanning, in explanatory view. Sign 8a shows the "photo conductor" which the sensitization side was made to agree in the scan layer 8-ed, and was arranged. The deviation of the flux of light by the rotating polygon 4 is ideally performed "in the flat surface which intersects perpendicularly with revolving-shaft 4b of a rotating polygon 4." plane mirrors 5 and 6 are plane mirrors with "the reflector of a rectangle configuration long in the direction (direction which goes to a drawing direct) corresponding to horizontal scanning", and the physical relationship of the image formation mirror 7 and plane mirrors 5 and 6 "can amend scanning-line deflection effectively by the multiple echo" -- it is set up like. That is, although the image formation mirror 7 reflects the deviation flux of light twice, the physical relationship of plane mirrors 5 and 6 and the image formation mirror 7 is set up so that "the deflection inclination of the scanning line" produced by the first reflection may be made to offset according to "the deflection inclination of the scanning line" by the 2nd reflection.

[0019] Since plane mirrors 5 and 6 do not have image formation power, the direction corresponding to the Lord and vertical scanning condenses the deviation flux of light as an optical spot on the scan layer 8-ed according to an image formation operation (two reflection is realized) of the image formation mirror 7. namely, the scan image formation optical system of reflective image formation nature -- "-- the line image and the scan layer 8-ed near the deviation reflector 4a -- the direction corresponding to vertical scanning -- being related -- abbreviation -- it has the function which is considering as related" [ \*\*\*\* ], therefore amends "the failure by the field of an optical deflector 4."

[0020] The reflector configuration within the field where the reflector configuration in a vertical-scanning cross section (field parallel to the drawing of drawing 2 ) is a radii configuration, and intersects perpendicularly with the above-mentioned vertical-scanning cross section including the optical axis of an image formation mirror is a non-radii configuration, and the image formation mirror 7 has a reflector configuration which is nonlinear. This reflector configuration is explained with reference to drawing 11 . As shown in drawing, when "X, Y, and the Z-axis" are set up, the X-axis is a shaft corresponding to the optical axis of the reflector of an image formation mirror, and a Y-axis is a shaft parallel to the direction corresponding to horizontal scanning. The above "a vertical-scanning cross section" is a flat surface parallel to XZ side. Therefore, XY side is "a field which intersects perpendicularly with the above-mentioned vertical-scanning cross section including the optical axis of an image formation mirror." Curvilinear:X within this XY side (Y) is a "non-radii configuration." "R" is the paraxial center of curvature in the above-mentioned non-radii configuration. If the radius of curvature of the reflector in "the vertical-scanning cross section considered in the location of  $Y=\eta$ " is set to  $r(\eta)$ , the center of curvature when changing  $\eta$  in the direction of Y, having used this center of curvature as the parameter will draw curvilinear:L (Y). That is, curvilinear:L (Y) is "a main connection line", and as shown in drawing, it is nonlinear.

[0021] Drawing 4 shows another gestalt of implementation of invention according to claim 1 in explanatory view. In order to avoid \*\*\*\*, if the post of what is considered that there is no fear of confusion was taken, the same sign was used also in drawing 1 . The flux of light which carries out incidence to the deviation reflector of a rotating polygon 4 from a light source side the difference with the gestalt of operation of drawing 1 After carrying out incidence aslant to the flat surface which intersects perpendicularly with the revolving shaft of a rotating polygon 4, being aslant reflected to the above-mentioned flat surface, carrying out incidence to a plane mirror 5 and reflecting multiply between plane mirrors 5 and 6 and image formation mirror 7', it is carrying out light scanning of the photo conductor 8a peripheral surface corresponding to a scan layer-ed.

[0022] With the gestalt of operation shown in drawing 4 , although plane mirrors 5 and 6 are another objects, like the gestalt of operation shown in drawing 6 , it replaces with plane mirrors 4 and 6, and 6' is formed and two reflector 5' and the part which are not reflector 5' and 6' can make the light transmission section on the transparence parallel plate 10 which is the same transparent body (claim 2). Optical arrangement of drawing 6 can be used and the transparence parallel plate 10 can be used like the gestalt of operation shown in drawing 7 as "protection-against-dust glass" in the housing 11 of light-scanning equipment (claim 3).

[0023] The gestalt of operation shown in drawing 8 shows one gestalt of operation of light-scanning equipment according to claim 4. "The scan image formation optical system of reflective image formation

nature" consists of an image formation mirror 12 and a plane mirror 13. The deviation of the flux of light is ideally performed in the flat surface which intersects perpendicularly with the revolving shaft of a rotating polygon 4. Incidence is first carried out to the image formation mirror 12 (claim 4), a multiple echo is carried out between a plane mirror 13 and the image formation mirror 12, after the 2nd reflection by the image formation mirror 12, it is reflected by the plane mirror 13, and condenses as an optical spot on a scan layer-ed (in actual condition sensitization side of photo conductor 8a), and light scanning of the scan layer-ed is carried out. The layout which carries out incidence is also possible so that the flux of light from a light source side may cross aslant as deformation of the gestalt of this operation to the flat surface which intersects perpendicularly with the revolving shaft of a rotating polygon (operation of drawing 4 is the same as that of a gestalt), and a plane mirror 13 may consist of two plane mirrors.

[0024] Drawing 10 shows one gestalt of operation of light-scanning equipment according to claim 5. First, incidence of the deviation flux of light deflected by the rotating polygon 4 which is an optical deflector is carried out to the image formation mirror 12, and it is reflected. The deviation flux of light which the reflected light bundle was reflected in the reflector 16 of 1 formed in some protection-against-dust glass 15 of housing 11' of light-scanning equipment, and was reflected by the image formation mirror 12 injects from housing 11' through the area pellucida of protection-against-dust glass 15, and carries out light scanning of the peripheral surface of photo conductor 8A which is a scan layer-ed.

[0025] Like the gestalt of this operation, if the deviation flux of light by the optical deflector is made to carry out incidence to the image formation mirror 12 first, it reduces the number of the plane mirrors which constitute the scan image formation optical system of reflective image formation nature, and can miniaturize scan image formation optical system.

[0026]

[Example] Hereafter, a concrete example is given. Also with each example, the flux of light from the light source 1 is made into the "parallel flux of light" with the coupling lens 2. "Specification of the reflector configuration of an image formation mirror" performs each example as follows. That is, about non-radii configuration:  $X(Y)$  based and explained to drawing 11, it is general formula:  $X(Y) = Y^2 / [R + \sqrt{R^2 - (1 + K)Y^2}] + \sum A_i Y^{2i}$  (the sum of the right-hand side takes the post of  $i = 1, 2$  and  $3$ , and ..). " $Y^{2i}$ " gives and specifies  $R$  (paraxial radius of curvature),  $K$  (cone constant), and  $A_i$  (high order multiplier) which can be set in meaning the  $i$ -th power of  $Y$ . Change of the direction corresponding to horizontal scanning of the radius of curvature in a vertical-scanning cross section:  $r(Y)$  gives and specifies multiplier:  $a (=r(0))$ : radius of curvature in a vertical-scanning cross section including an optical axis), and  $b-f$  in general formula:  $r(Y) = a + bY^2 + cY^4 + dY^6 + eY^8 + fY^{10}$ . Moreover, "the  $10-i$ -th power" is expressed with " $E-i$ " in the notation of data.

[0027] Example 1 examples 1 are drawing 1 and an example over the gestalt of the operation based and explained to 2. Distance:  $d1-d3$  and an include angle: Define  $\theta1-\theta3$ . [ in / as shown in drawing 2 / the optical arrangement after a rotating polygon 4 ] These values are as the following. In addition, the unit of an amount with the dimension of die length is "mm."

$d1=40$ ,  $d2=23$ ,  $d3=26.3$ ,  $\theta1=18.1$  degree,  $\theta2=18.1$  degree,  $\theta3=19.57$  degree (an angle) By drawing 2, a clockwise rotation Configuration of the image formation mirror 7 made forward :  $R=515$ ,  $K=-5.9$ ,  $A6=5E-14$ ,  $A8=1E-18$ ,  $A10=-4E-23$   $a=177.5$ ,  $b=-1E-3$ ,  $c=4E-8$ ,  $d=-2.3E-11$ ,  $e=5E-15$ , the "curvature of field" and "scanning-line deflection" about  $E-f=-3.06$  19 example 1 And "ftheta property as a uniform property" is shown in drawing 3.

[0028] Example 2 example 2 is an example over the gestalt of operation shown in drawing 4. Distance:  $d1-d3$  and an angle which are defined like drawing 4: The value of  $\theta1-\theta4$  is as follows.

[0029]  $d1=43.1$ ,  $d2=24.7$ ,  $d3=27.2$ ,  $\theta1=12.15$  degree,  $\theta2=12.15$  degree,  $\theta3=10.75$  degree,  $\theta4=8$  degree (an angle) By drawing 4, a clockwise rotation "scanning-line deflection" a "curvature of field" about  $E-11$ ,  $e=5E-15$ , and  $E-f=-3.06$  19 example 2 and  $d=-2.3$  deflection it considers as forward -- configuration:  $R=515$  of image formation mirror 7', and  $K=-4.8$  and  $A10=-4E-22$  --  $a=185.5$ ,  $b=-1E-3$ , and  $c=4E-8$  -- And drawing 3 is imitated and "ftheta property as a uniform property" is shown in drawing 5.

[0030] The configuration with which they can constitute the reflector of plane mirrors 5 and 6 as the same side, and indicate it to be to drawing 6 or drawing 7 for this reason since examples 1 and 2 are angle:  $\theta1=\theta2$  is possible.

[0031] Example 3 example 3 is an example over the gestalt of operation shown in drawing 8. Distance:  $L1$

[ in / as shown in drawing 8 / the optical arrangement after a rotating polygon 4 ], L2, and an include angle: These values are as follows when beta1 and beta2 are defined.

L1=50, L2=19.8, beta1=14.78 degree, beta2=24.76 degree (an angle) By drawing 8 , a clockwise rotation Configuration of the image formation mirror 12 made forward : R=-380, K=-3.7, A4=3E-10, A6=3E-14, A8=1E-17, a=-131.8, b=2.6E-3, c=-1E-7, d=-6.1E-11, e=5E-15, the "curvature of field" and "scanning-line deflection" about E-f=-1 19 example 3 And drawing 3 is imitated and "ftheta property as a uniform property" is shown in drawing 9 . The layout of this example 3 may be changed, and you may constitute like drawing 10 , or a plane mirror may consist of two sheets.

[0032] In addition, in drawing 3 , and 5 and 9, "omega" expresses a half-field angle. As shown in drawing 3 , and 5 and 9, examples 1-3 have attained less than [ of the Lord and the direction of vertical scanning / curvature-of-field:3mm ], less than [ scanning-line deflection:0.03mm ], and less than [ uniform velocity nature:1% ], are the examples of light-scanning equipment according to claim 6, and can realize very good light scanning.

[0033]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, new light-scanning equipment is realizable. Like the above, the scan image formation optical system which makes the deviation flux of light condense as an optical spot on a scan layer-ed is "reflective image formation nature", and this light-scanning equipment has the function which has the function which amends scanning-line deflection by the multiple echo, and amends the failure by the field of an optical deflector. The reflector [ reflector / of the image formation mirror which constitutes the scan image formation optical system of reflective image formation nature ] configuration in a vertical-scanning cross section and in a radii configuration Since it has a configuration which is nonlinear It is possible to amend the curvature of field, the scanning-line deflection, and the uniform property of the Lord and the direction of vertical scanning good by optimization of the above-mentioned non-radii configuration or a main connection line.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-149054

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月2日

(51) IntCl.  
G 0 2 B 26/10

識別記号  
1 0 3

F I  
G 0 2 B 26/10

1 0 3

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-315128

(22) 出願日 平成9年(1997)11月17日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 厚海 広道

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式

会社リコー内

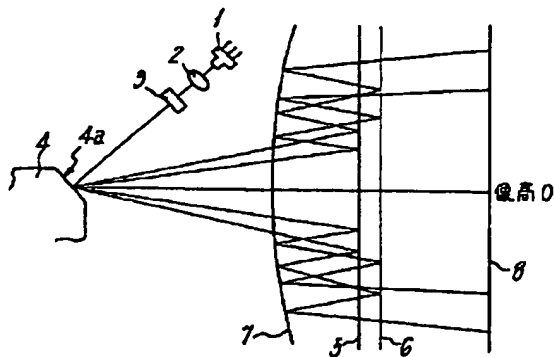
(74) 代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光走査装置

(57) 【要約】

【課題】 多重反射方式の光走査装置において、面倒れを有効に補正し、主・副走査方向の像面湾曲や等速特性の良好な補正を可能にする。

【解決手段】 光源側からの光束を主走査対応方向に長い線像として結像させ、線像の結像位置近傍に偏向反射面を持つ光偏向器により偏向させ、偏向光束を反射結像性の走査結像光学系により被走査面上に光スポットとして集光させて被走査面の光走査を行う光走査装置において、反射結像性の走査結像光学系が、主・副走査対応方向に結像機能を持つ結像ミラー7と、結像ミラー7の反射面に対向する反射面を有する1以上の平面鏡5、6とを有し、偏向光束を平面鏡と結像ミラーとの間で多重反射させることにより走査線の曲がりを補正する。記結像ミラーは、副走査断面内における反射面形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み副走査断面に直交する面内における反射面形状が非円弧形状で、上記円弧形状の曲率中心を連ねた中心連結線が非直線であるような反射面形状を有する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光源側からの光束を主走査対応方向に長い線像として結像させ、上記線像の結像位置近傍に偏向反射面を持つ光偏向器により偏向させ、偏向光束を反射結像性の走査結像光学系により被走査面上に光スポットとして集光させて上記被走査面の光走査を行う光走査装置であって、上記反射結像性の走査結像光学系が、主・副走査対応方向に結像機能を持つ結像ミラーと、この結像ミラーの反射面に対向する反射面を有する1以上の平面鏡とを有し、偏向光束を、上記1以上の平面鏡と結像ミラーとの間で多重反射させることにより走査線曲がりを補正するようにしたものにおいて、

上記結像ミラーは、副走査断面内における反射面形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み上記副走査断面に直交する面内における反射面形状が非円弧形状であり、上記円弧形状の曲率中心を連ねた中心連結線が非直線であるような反射面形状を有することを特徴とする光走査装置。

【請求項2】請求項1記載の光走査装置において、結像ミラーとの間で偏向光束を多重反射させる1以上の平面鏡は、同一の透明体に1以上の反射面を形成したものであり、反射面でない部分が光透過部をなすことを特徴とする光走査装置。

【請求項3】請求項2記載の光走査装置において、1以上の反射面を形成した透明体が、光走査装置のハウジングの防塵ガラスであることを特徴とする光走査装置。

【請求項4】請求項1または2または3記載の光走査装置において、

光偏向器により偏向された偏向光束が、最初に結像ミラーに入射することを特徴とする光走査装置。

【請求項5】請求項4記載の光走査装置において、結像ミラーとの間で偏向光束を多重反射させる平面鏡が、光走査装置のハウジングの防塵ガラスの一部に形成された1の反射面であり、該反射面で反射され、結像ミラーで反射された偏向光束が、上記防塵ガラスの透明部を通して上記ハウジングから射出することを特徴とする光走査装置。

【請求項6】請求項1～5の任意の1に記載の光走査装置において、光学配置および結像ミラーの反射面形状が、光スポットの結像における主・副走査方向の像面湾曲：3mm以下、走査線曲がり：0.03mm以下、等速性：1%以下を達成するように定められていることを特徴とする光走査装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光走査装置において、偏向光束を被走査面上に光スポットとして集光させる走査結像光学系に、「結像作用を持つ結像ミラー」を用いることが提案されている（特開平1-200219号公報等）。このような結像ミラーを用いる場合、結像ミラーにより反射された偏向光束が、光偏向器側に戻らないようにする必要があり、この目的のため、結像ミラーの光軸（反射面の対称軸）を、光偏向器側からの偏向光束の入射方向に対して傾けることが行われている。

【0003】このようにすると、被走査面上の光スポットの軌跡の曲がりである「走査線曲がり」が生じることが知られている。走査線曲がりを補正する方法として、結像ミラーに反射面を対向させるようにして別の反射鏡を配備し、この反射鏡と結像ミラーとの間で偏向光束の反射をくり返させたのち、被走査面に入射させる「多重反射」方式の光走査装置が提案されている（特開昭64-78214号公報）。

【0004】上記のように、結像ミラーと反射鏡との間で偏向光束を多重反射させて被走査面を光走査するようにすると、偏向光束は、結像ミラーにより複数回反射されるが、結像ミラーによる「偏向光束の交互の反射」で、各反射ごとの走査線曲がり傾向を互いに実質的に相殺できるようにできるのである。

【0005】しかし、上記公報記載の発明では、走査結像光学系に「光偏向器の面倒れ補正機能」がないので、偏向反射面と回転軸の平行度を高精度に補正した回転多面鏡を用いる必要があり、回転多面鏡のコストが高くなり、結果的に光走査装置のコストが高つく。

【0006】また、光走査装置で良好な光走査を実施するためには、走査線曲がりが良好に補正されていることも重要であるが、上記面倒れの有効な補正も重要であるし、光スポットのスポット径が像高と共に変動しないように、像面湾曲が主・副走査方向とも良好に補正されていることや、 $f\theta$ 特性等の等速特性が良好であることも重要である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記多重反射方式の光走査装置において、面倒れを有効に補正するとともに、主・副走査方向の像面湾曲や等速特性の良好な補正を可能ならしむることを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の光走査装置は「光源側からの光束を主走査対応方向（光源から被走査面に至る光路上で主走査方向と対応する方向）に長い線像として結像させ、線像の結像位置近傍に偏向反射面を持つ光偏向器により偏向させ、偏向光束を反射結像性の走査結像光学系により被走査面上に光スポットとして集光させて被走査面の光走査を行う光走査装置であって、反射結像性の走査結像光学系が、主・副走査対応方向（光源から被走査面に至る光路上で副走査方向に対応す

10

20

30

40

50

る方向)に結像機能を持つ結像ミラーと、この結像ミラーの反射面に対向する反射面を有する1以上の平面鏡とを有し、偏向光束を、1以上の平面鏡と結像ミラーとの間で多重反射させることにより走査線曲りを補正するようにしたもの)であって、以下の点を特徴とする(請求項1)。即ち、反射結像性の走査結像光学系における「結像ミラー」は、副走査断面内における反射面形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み副走査断面に直交する面内における反射面形状が非円弧形状であり、上記円弧形状の曲率中心を連ねた中心連結線が非直線であるような反射面形状を有する。「副走査断面」は、結像ミラーの反射面近傍において「主走査対応方向に直交する平面」である。

【0009】このように、この光走査装置では、光源側からの光束は、光偏向器の偏向反射面近傍に主走査対応方向に長い線像に結像され、走査結像光学系は、副走査対応方向に関しては、この線像を物点として光スポットを被走査面に結像させる機能を持ち、従って、この光走査装置は、光偏向器の面倒れを補正する機能を持つ。また「走査結像光学系」は、結像ミラーと1以上の平面鏡により構成され、平面鏡には結像作用がないので、結像ミラーは、主・副走査対応方向に結像機能を有する必要があるが、光スポットは結像ミラーの結像作用により結像する。したがって、結像ミラーは、主走査対応方向のパワーと副走査対応方向のパワーの異なるアナモフィックな結像系である。

【0010】結像ミラーと共に走査結像光学系をなす平面鏡が2以上用いられる場合(便宜上、平面鏡A、B等とする)、偏向光束の多重反射は、特定の一つの平面鏡Aと結像ミラーとの間で反射がくり返されるようにしてもよいし、平面鏡A、Bと結像ミラーとの間で反射がくり返されるようにしてもよい。多重反射の際に、偏向光束は結像ミラーにより複数回反射されることになるが、「結像ミラーによる偏向光束の反射回数」は2回でもよいし、3回以上でもよい。

【0011】結像ミラーの反射面は「副走査断面内における形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み副走査断面に直交する面内における形状が非円弧形状であり、上記円弧形状の曲率中心を(主走査対応方向に)連ねた中心連結線が非直線である」ので、上記非円弧形状を最適化することにより、主走査方向の像面湾曲や等速特性を良好に補正することができ、中心連結線の形状の最適化により、副走査方向の像面湾曲や走査線曲りの補正を良好に行うことが可能になる。

【0012】結像ミラーとの間で偏向光束を多重反射させる1以上の平面鏡は「同一の透明体に1以上の反射面を形成し、反射面でない部分が光透過部をなす」ように構成できる(請求項2)。この場合、1以上の反射面を形成した透明体を「光走査装置のハウジングの防塵ガラス」とすることができる(請求項3)。走査結像光学系

の平面鏡を防塵ガラスと兼用することにより、光走査装置の部品点数を減らすことができ、光走査装置のコストを低減化できる。光偏向器により偏向された偏向光束は、最初に平面鏡に入射してから、この平面鏡に反射されて結像ミラーに入射するようにしてもよいが、光偏向器により偏向された偏向光束が「最初に結像ミラーに入射する」ようにしてもよい(請求項4)。このように偏向光束が最初に結像ミラーの入射するようにすると、入射光束と反射光束との分離角を大きくとれるので、光学系のレイアウトの自由度が大きくなる。

【0013】請求項4記載の発明の場合、結像ミラーとの間で偏向光束を多重反射させる平面鏡を、光走査装置のハウジングの防塵ガラスの一部に形成された1の反射面とし、該反射面で反射され、結像ミラーで反射された偏向光束が、防塵ガラスの透明部を通過してハウジングから射出するように構成できる(請求項5)。上記請求項1～5の任意の1に記載の光走査装置において、光スポットの結像における主・副走査方向の像面湾曲:3mm以下、走査線曲り:0.03mm以下、等速性:1%以下を達成するように、光学配置および結像ミラーの反射面形状を定めることができる(請求項6)。

【0014】

【発明の実施の形態】図1は請求項1記載の光走査装置の実施の1形態を説明図的に示している。半導体レーザである光源1から放射された発散性の光束は、カップリングレンズ2により以後の光学系にカップリングされる。カップリングレンズ2は、光源1からの光束の発散性を弱めて「弱い発散性もしくは弱い集束性の光束」あるいは「平行光束」とする。

【0015】カップリングレンズ2を透過した光束は「図示されないアパーチャ」を通過することにより光束の周辺部を遮断されて適当な光束断面形状に「ビーム整形」され、次いでシリンダレンズ3により副走査対応方向(図面に直交する方向)に集束され、「光偏向器」としての回転多面鏡4の偏向反射面4aの近傍に、「主走査対応方向に長い線像」として結像する。シリンダレンズ3は「凹シリンダ面鏡」により代替することもでき、光偏向器は回転多面鏡4に代えて「回転2面鏡」を用いることもできる。

【0016】回転多面鏡4の偏向反射面4aにより反射された光束は、回転多面鏡4の等速回転により、等角速度的に偏向する偏向光束となり「反射結像性の走査結像光学系」に入射する。この実施の形態において、反射結像性の走査結像光学系は、2枚の平面鏡5、6と結像ミラー7とで構成されている。偏向光束はまず平面鏡5に入射し、平面鏡5により反射されると結像ミラー7に入射する。そして結像ミラー7により反射されると平面鏡6に入射して反射され、再度結像ミラー7に戻り、結像ミラー7により再度反射されると、被走査面8に光スポットとして集光し、被走査面8を光走査する。なお、被

5

走査面8の位置には、通常「光導電性の感光体」の感光面が配備され、光スポットは実体的には感光体を光走査する。

【0017】即ち、図1に示す実施の形態は、光源側からの光束を主走査対応方向に長い線像として結像させ、線像の結像位置近傍に偏向反射面4aを持つ光偏向器4により偏向させ、偏向光束を、反射結像性の走査結像光学系5、6、7により、被走査面8上に光スポットとして集光させて、被走査面8の光走査を行う光走査装置であって、「反射結像性の走査結像光学系」は、主・副走査対応方向に結像機能を持つ結像ミラー7と、結像ミラー7の反射面に対向する反射面を有する1以上の平面鏡5、6を有し、偏向光束を平面鏡5、6と結像ミラー7との間で「多重反射（平面鏡5、6と結像ミラー7との間で反射がくり返される）」させるようになっている。

【0018】図2は、図1の実施の形態における「回転多面鏡4以降の部分」を、主走査対応方向から見た状態を説明図的に示している。符号8aは、被走査面8に感光面を合致させて配備された「感光体」を示す。回転多面鏡4による光束の偏向は、理想的には「回転多面鏡4の回転軸4bに直交する平面内」で行われる。平面鏡5、6は「主走査対応方向（図面に直行する方向）に長い矩形形状の反射面」を持つ平面鏡であり、結像ミラー7と平面鏡5、6の位置関係は「多重反射により走査線曲がりをも有効に補正できる」ように設定される。即ち、結像ミラー7は偏向光束を2度反射するが、最初の反射により生じる「走査線の曲がり傾向」を、第2回目の反射による「走査線の曲がり傾向」により相殺させるように、平面鏡5、6と結像ミラー7の位置関係が設定されるのである。

【0019】平面鏡5、6は結像パワーを持たないもので、偏向光束は主・副走査対応方向とも結像ミラー7の結像作用（2度の反射により実現される）により、被走査面8上に光スポットとして集光する。即ち、反射結像性の走査結像光学系は「偏向反射面4a近傍の線像と被走査面8とを副走査対応方向に関して略共役な関係」としており、従って「光偏向器4の面倒れ」を補正する機能を有する。

【0020】結像ミラー7は、副走査断面内（図2の図面に平行な面）における反射面形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み上記副走査断面に直交する面内における反射面形状が非円弧形状であり、上記円弧形状の曲率中心を連ねた中心連結線が非直線であるような反射面形状を有する。この反射面形状を図11を参照して説明する。図の如く「X、Y、Z軸」を設定すると、X軸は、結像ミラーの反射面の光軸に合致した軸であり、Y軸は主走査対応方向に平行な軸である。前記「副走査断面」はXZ面に平行な平面である。従って、XY面は「結像ミラーの光軸を含み上記副走査断面に直交する面」である。このXY面内における、曲線：X(Y)は

6

「非円弧形状」である。「R」は上記非円弧形状における近軸曲率中心である。「 $Y=\eta$ 」の位置に考えた副走査断面内における反射面の曲率半径を $r(\eta)$ とすると、この曲率中心を $\eta$ をパラメータとしてY方向に変化させたときの曲率中心は曲線：L(Y)を描く。即ち、曲線：L(Y)は「中心連結線」であって、図に示すように非直線である。

【0021】図4は、請求項1記載の発明の実施の別形態を説明図的に示している。繁雑を避けるため、混同の虞れが無いと思われるものに就いては図1における同一の符号を用いた。図1の実施の形態との差異は、光源側から回転多面鏡4の偏向反射面に入射する光束が、回転多面鏡4の回転軸に直交する平面に対して斜めに入射し、上記平面に対して斜めに反射されて平面鏡5に入射し、平面鏡5、6と結像ミラー7との間で多重反射したのちに、被走査面に合致された感光体8a周囲を光走査するようになっていることである。

【0022】図4に示す実施の形態では、平面鏡5、6は別体であるが、図6に示す実施の形態のように、平面鏡4、6に代えて、同一の透明体である透明平行平板10に2つの反射面5'、6'を形成し、反射面5'、6'でない部分が光透過部をなすようにすることができる（請求項2）。図6の光学配置を利用し、図7に示す実施の形態のように、透明平行平板10を、光走査装置のハウジング11における「防塵ガラス」として使用することができる（請求項3）。

【0023】図8に示す実施の形態は、請求項4記載の光走査装置の実施の1形態を示している。「反射結像性の走査結像光学系」は、結像ミラー12と平面鏡13とで構成される。光束の偏向は、理想的には回転多面鏡4の回転軸に直交する平面内で行われ、先ず最初に結像ミラー12に入射し（請求項4）、平面鏡13と結像ミラー12との間で多重反射され、結像ミラー12による2度目の反射後、平面鏡13に反射され被走査面（実態的には感光体8aの感光面）上に光スポットとして集光し、被走査面を光走査する。この実施の形態の変形として、光源側からの光束が、（図4の実施の形態と同様に）回転多面鏡の回転軸に直交する平面に対して斜めに交わるように入射させるレイアウトも可能であるし、平面鏡13は平面鏡2枚で構成しても良い。

【0024】図10は請求項5記載の光走査装置の実施の1形態を示している。光偏向器である回転多面鏡4により偏向された偏向光束は、最初に結像ミラー12に入射して反射される。反射光束は、光走査装置のハウジング11'の防塵ガラス15の一部に形成された1の反射面16で反射され、結像ミラー12で反射された偏向光束が、防塵ガラス15の透明部を通してハウジング11'から射出して被走査面である感光体8Aの周囲を光走査する。

【0025】この実施の形態のように、光偏向器による

偏向光束が、最初に結像ミラー12に入射するようにすると、反射結像性の走査結像光学系を構成する平面鏡の数を減らして走査結像光学系をコンパクト化できる。

#### 【0026】

【実施例】以下、具体的な実施例を挙げる。各実施例とも、光源1からの光束はカップリングレンズ2により「平行光束」とされる。各実施例とも「結像ミラーの反射面形状の特定」は以下のように行う。即ち、図11に即して説明した非円弧形状：X(Y)については、一般式：

$$X(Y) = Y^i / [R + \sqrt{R^2 - (1+K)Y^2}] + \sum A_i \cdot Y^{*i}$$

(右辺の和は $i=1, 2, 3, \dots$ に就きとる。「 $Y^{*i}$ 」は $Y$ の $i$ 乗を意味する)における $R$ (近軸曲率半径)、 $K$ (円錐定数)および $A_i$ (高次の係数)を与えて特定する。副走査断面内における曲率半径の主走査対応方向の変化： $r(Y)$ は、一般式：

$$r(Y) = a + b \cdot Y^2 + c \cdot Y^4 + d \cdot Y^6 + e \cdot Y^8 + f \cdot Y^{10}$$

において、係数： $a(=r(0)$ ：光軸を含む副走査断面内の曲率半径)、 $b \sim f$ を与えて特定する。また、データの表記において「10の $-i$ 乗」を「 $E-i$ 」で表す。

#### 【0027】実施例1

実施例1は、図1、2に即して説明した実施の形態に対する実施例である。図2に示すように、回転多面鏡4以降の光学配置における距離： $d_1 \sim d_3$ および角度： $\theta_1 \sim \theta_3$ を定める。これらの値は以下の如くである。なお、長さの次元を持つ量の単位は「mm」である。

$d_1=40$ 、 $d_2=23$ 、 $d_3=26.3$ 、 $\theta_1=18.1$ 度、 $\theta_2=18.1$ 度、 $\theta_3=19.57$ 度(角は、図2で時計回りを正とする)

結像ミラー7の形状：

$$R=515, K=-5.9, A_4=5E-14, A_5=1E-18, A_{10}=-4E-23$$

$$a=177.5, b=-1E-3, c=4E-8, d=-2.3E-11, e=5E-15, f=-3.06E-19$$

実施例1に関する「像面湾曲」と「走査線曲がり」および「等速特性としての $f\theta$ 特性」を図3に示す。

#### 【0028】実施例2

実施例2は図4に示した実施の形態に対する実施例である。図4の如くに定められる距離： $d_1 \sim d_3$ および角： $\theta_1 \sim \theta_3$ の値は以下の通りである。

【0029】 $d_1=43.1$ 、 $d_2=24.7$ 、 $d_3=27.2$ 、 $\theta_1=12.15$ 度、 $\theta_2=12.15$ 度、 $\theta_3=10.75$ 度、 $\theta_4=8$ 度(角は、図4で時計回りを正とする)

結像ミラー7'の形状：

$$R=515, K=-4.8, A_{10}=-4E-22$$

$$a=185.5, b=-1E-3, c=4E-8, d=-2.3E-11, e=5E-15, f=-3.06E-19$$

実施例2に関する「像面湾曲」と「走査線曲がり」および「等速特性としての $f\theta$ 特性」を、図3に倣って図5に示す。

【0030】実施例1、2とも、角： $\theta_1=\theta_2$ であるので、平面鏡5、6の反射面を同一面として構成することができ、このため、例えば図6や図7に示す構成が可能である。

#### 【0031】実施例3

実施例3は図8に示した実施の形態に対する実施例である。図8に示すように、回転多面鏡4以降の光学配置における距離： $L_1, L_2$ および角度： $\beta_1, \beta_2$ を定めると、これらの値は以下の通りである。

$L_1=50$ 、 $L_2=19.8$ 、 $\beta_1=14.78$ 度、 $\beta_2=24.76$ 度(角は、図8で時計回りを正とする)

結像ミラー12の形状：

$$R=-380, K=-3.7, A_4=3E-10, A_5=3E-14, A_{10}=1E-17$$

$$a=-131.8, b=2.6E-3, c=-1E-7, d=-6.1E-11, e=5E-15, f=-1E-19$$

実施例3に関する「像面湾曲」と「走査線曲がり」および「等速特性としての $f\theta$ 特性」を、図3に倣って図9に示す。この実施例3のレイアウトを変えて、図10のように構成しても良いし、あるいは平面鏡を2枚で構成しても良い。

【0032】なお、図3、5、9において「 $\omega$ 」は、半画角を表す。図3、5、9に示されたように、実施例1～3は、主・副走査方向の像面湾曲：3mm以下、走査線曲がり：0.03mm以下、等速性：1%以下を達成しており、請求項6記載の光走査装置の実施例となっており、極めて良好な光走査を実現できる。

#### 【0033】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば新規な光走査装置を実現できる。この光走査装置は、上記の如く、偏向光束を被走査面上に光スポットとして集光させる走査結像光学系が「反射結像性」であり、多重反射により走査線曲がりを補正する機能を持ち、且つ、光偏向器の面倒れを補正する機能を持つ。そして、反射結像性の走査結像光学系を構成する結像ミラーの反射面が、副走査断面内における反射面形状が円弧形状で、結像ミラーの光軸を含み上記副走査断面に直交する面内における反射面形状が非円弧形状であり、上記円弧形状の曲率中心を連ねた中心連結線が非直線であるような形状を有するので、上記非円弧形状や中心連結線の最適化により、主・副走査方向の像面湾曲・走査線曲がり・等速特性を良好に補正することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の1形態を説明するための図である。

【図2】図1の実施の形態における、光偏向器以降の光学配置を説明するための図である。

【図3】実施例1に関する像面湾曲・走査線曲がり・等速特性( $f\theta$ 特性)を示す図である。

【図4】この発明の実施の別形態における、光偏向器以降の光学配置を説明するための図である。

【図5】実施例2に関する像面湾曲・走査線曲がり・等速特性( $f\theta$ 特性)を示す図である。

【図6】請求項2記載の光走査装置の実施の1形態を特徴部分のみ示す図である。

【図7】請求項3記載の光走査装置の実施の1形態を特徴部分のみ示す図である。

【図8】請求項4記載の発明の実施の1形態を特徴部分のみ示す図である。

\*

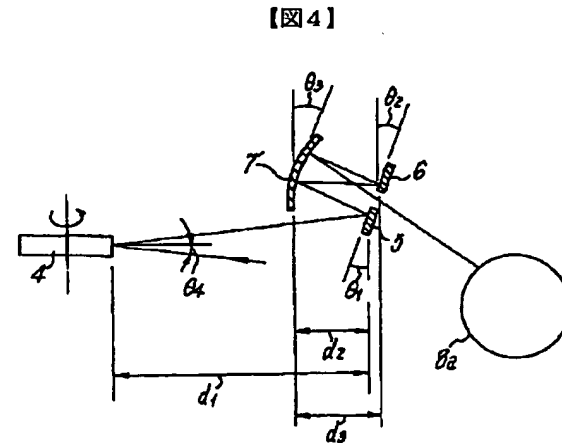
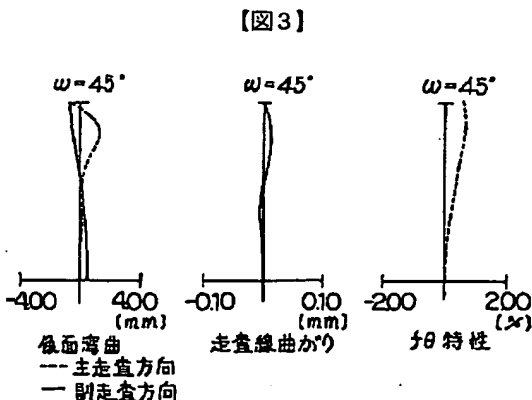
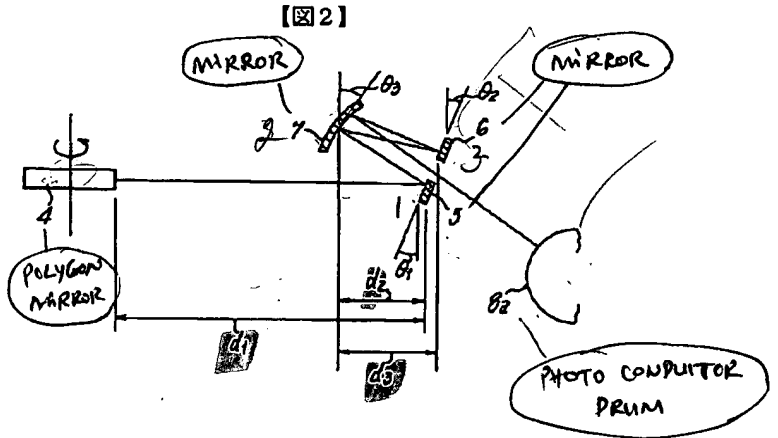
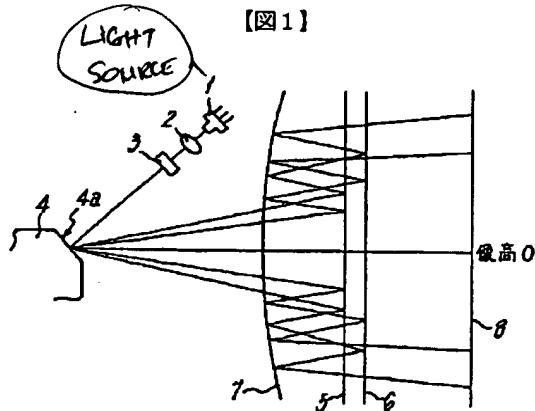
\*【図9】実施例3に関する像面湾曲・走査線曲がり・等速特性( $f\theta$ 特性)を示す図である。

【図10】請求項5記載の光走査装置の実施の1形態を特徴部分のみ示す図である。

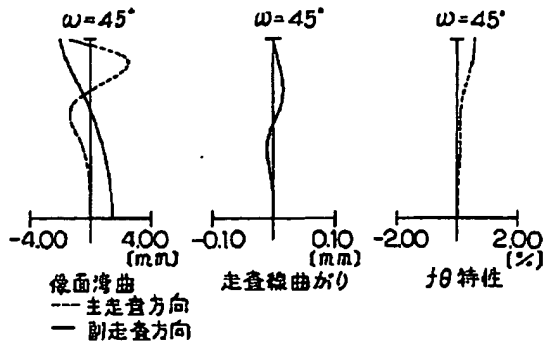
【図11】結像ミラーの反射面形状を説明するための図である。

【符号の説明】

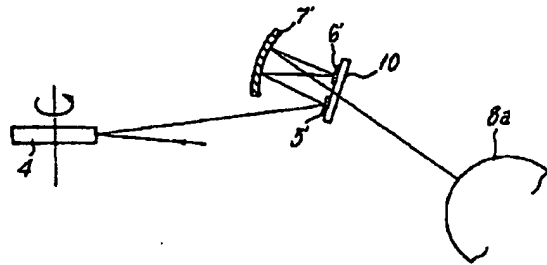
- |      |           |
|------|-----------|
| 1    | 光源        |
| 2    | カップリングレンズ |
| 3    | シリンダレンズ   |
| 4    | 光偏向器      |
| 4a   | 偏向反射面     |
| 5, 6 | 平面鏡       |
| 7    | 結像ミラー     |
| 8    | 被走査面      |



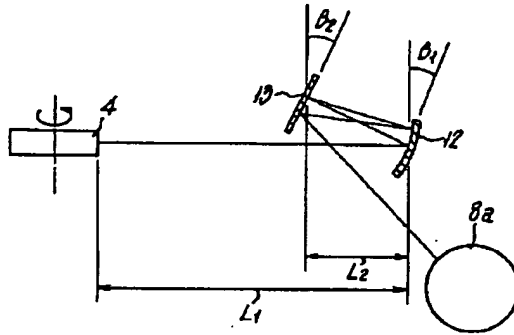
【図5】



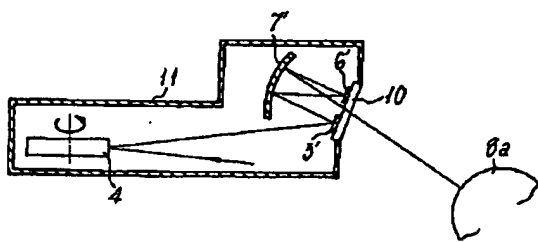
【図6】



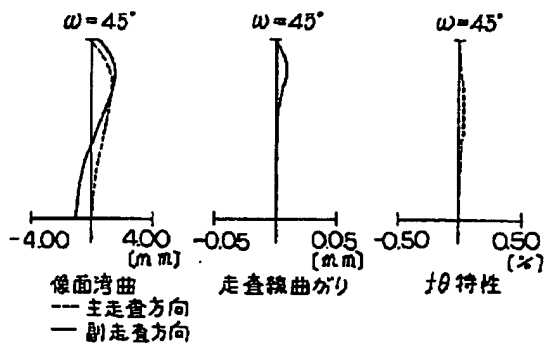
【図8】



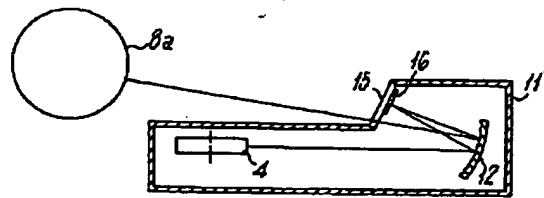
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

